

Badanie modelu Bosego-Hubbarda metodą dynamicznego pola średniego

Jaromir Panas

Streszczenie

Jednym z głównych celów współczesnej fizyki materii skondensowanej jest zrozumienie efektów silnych korelacji w układach wielu cząstek. Fizycy starają się opracować uproszczone modele, które uchwyciłyby istotę silnego oddziaływania międzycząsteczkowego. Dobrym przykładem jest model Bosego-Hubbarda. Opisuje on dobrze silnie skorelowane układy, np. takie, które obserwuje się w eksperymentach z atomami na sieci optycznej. Jednak mimo swojej stosunkowo nieskomplikowanej formy nie jest on prosty do rozwiązania. Jednocześnie wiele wysiłku poświęca się na rozwijanie przybliżonych metod rozwiązywania równań opisujących modele wielocząstkowe. Dobrym przykładem jest teoria dynamicznego pola średniego (*dynamical mean-field theory* DMFT) oraz jej bozonowy odpowiednik B-DMFT (*bosonic dynamical mean-field theory*). Dzięki wykorzystaniu nietypowego rozwinięcia w szereg w zrenormalizowanym rachunku zaburzeń pozwala ona na otrzymanie dokładniejszych wyników, w szczególności tam, gdzie inne metody zawodzą.

W tej rozprawie prezentujemy wyniki naszych badań dotyczących modelu Bosego-Hubbarda, w których korzystamy z metody B-DMFT. Rozprawę zaczynamy od szczegółowego wyprowadzenia modelu i teorii równań B-DMFT. Prezentujemy także techniczne szczegóły metody Monte Carlo w ciągłym czasie (*continuous-time quantum Monte Carlo*), którą wykorzystujemy do rozwiązania równań B-DMFT. W ramach tej pracy został napisany i przetestowany kod programu w języku Fortran 90/95 implementujący tę metodę. W dalszej części rozprawy przechodzimy do prezentacji wyników obliczeń numerycznych przeprowadzonych dla modelu Bosego-Hubbarda na trójwymiarowej sieci kubicznej. Omawiamy zarówno wyniki właściwości statycznych jak i funkcji spektralnych. Badamy zachowanie układu dla różnych wartości siły oddziaływania między atomami. Porównujemy nasze wyniki z otrzymanymi w przybliżeniu średniego pola. Zgodnie z oczekiwaniami, w granicznych przypadkach zgodność jest zadowalająca. W przypadku pośrednich wartości siły oddziaływania obserwujemy zarówno ilościowe jak i jakościowe różnice. Dodatkowo prezentujemy rezultaty badań naszą metodą modelu Bosego-Hubbarda na sieci kwadratowej z dodatkowym oddziaływaniem nieskończeniezasięgowym. W przypadku właściwości statycznych porównujemy i dyskutujemy wyniki otrzymane metodą B-DMFT z tymi, które otrzymano w ramach statycznego pola średniego. Prezentujemy również pierwszą dogłębną analizę funkcji spektralnych dla tego problemu.